

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПРИ ДВУХПАРАМЕТРОВОМ КОНТРОЛЕ НЕМАГНИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Горкунов Б. М.¹⁾, Львов С. Г.¹⁾, Логачова М. А.¹⁾,
Ефимцева О. С.¹⁾, Аббаси Жаббар¹⁾

¹⁾ *Национальный технический университет «Харьковский
политехнический институт», кафедра «Информационно-
измерительных технологий и систем», ул. Кирпичова, 2, Харьков,
Украина, 61002, gorkunov@kpi.kharkov.ua*

В настоящее время важное значение приобретают методы и средства для одновременного контроля нескольких параметров изделий, позволяющие получить достаточно полную информацию об объекте исследования [1]. В [2] рассмотрен метод определения диаметра цилиндрического немагнитного изделия с полной отстройкой от влияния удельной электрической проводимости на результаты измерений. Представляет практический интерес дальнейшее развитие этого метода в направлении увеличения контролируемых параметров изделия и использовании подхода, основанного на определении экстремумов компонентов сигналов преобразователя, дающего возможность определения нескольких параметров изделий в рациональном по погрешностям режиме работы преобразователя. В настоящей работе на основе такого подхода рассматривается совместный контроль радиуса a и электропроводности σ цилиндрических немагнитных изделий путем использования экстремумов производных параметра N по частоте нормированной вносимой ЭДС трансформаторного электромагнитного преобразователя (ТЭМП) и фазового угла этой ЭДС.

При этом для немагнитного изделия

$$N = \frac{E_{\text{вн}}}{\eta E_0} = \sqrt{(1 - \operatorname{Re} \dot{K})^2 + (\operatorname{Im} \dot{K})^2}; \quad (1)$$

$$\varphi_{\text{вн}} = \arctg \frac{\operatorname{Im} \dot{K}}{1 - \operatorname{Re} \dot{K}} \quad (2)$$

где $\eta = a^2 / a_{\text{п}}^2$ – коэффициент заполнения; $E_{\text{вн}}$ – ЭДС, вносимая изделием в ТЭМП; E_0 – ЭДС ТЭМП при отсутствии в нем изделия; $a_{\text{п}}$ – радиус измерительной обмотки ТЭМП; K – комплексный параметр, характеризующий собой удельную нормированную ЭДС E_2 , наведенную в измерительной обмотке ТЭМП магнитным потоком в изделии

$$\dot{K} = \frac{E_2}{E_0 \eta} = \frac{2}{x \sqrt{i}} \frac{I_1(x \sqrt{i})}{I_0(x \sqrt{i})}, \quad (3)$$

I_0 и I – модифицированные функции Бесселя первого рода нулевого и первого порядков [3] от обобщенного параметра x

$$x = a\sqrt{\mu_0\mu_r\sigma 2\pi f}. \quad (4)$$

μ_0 – магнитная постоянная; f – частота изменения зондирующего поля; $i = \sqrt{-1}$.

Определение a и σ в случае контроля амплитудным способом можно осуществить при использовании (1) и (4) по формулам

$$a = 1,8307 a_{\pi} \sqrt{E_{\text{вн1}}}, \quad (5)$$

$$\sigma = 10,4665 / (2\pi\mu_0 a^2 f_1). \quad (6)$$

Фазовый способ позволяет получить формулы для определения a и σ в виде

$$a = 1,6787 a_{\pi} \sqrt{E_{\text{вн2}}}, \quad (7)$$

$$\sigma = 12,9989 / (2\pi\mu_0 a^2 f_2). \quad (8)$$

Выражения (5)-(8) характеризуют последовательные циклы определения a и σ , т.е. сначала находят a , а затем σ .

На разработанной установке с ТЭМП были получены результаты контроля a и σ описанными способами. Эти результаты хорошо согласуются с данными контрольных методов: механическим (микрометрическим) для измерения a и мостовым, которым измеряют σ . В таком случае отклонения результатов измерений рассмотренными способами от данных, полученных контрольными методами при определении диаметров не превышали 1 % (амплитудный способ) и 0.5 % (фазовый способ), а при измерении σ – 1,5 % и 2 %, соответственно для амплитудного и фазового способов.

Описанные способы использовались для сортировки немагнитных материалов и изделий по их маркам и диаметрам, а также для определения механических напряжений и контроля предельных прочностных параметров по результатам контроля a и σ .

Список литературы

1. Неразрушающий контроль: Справочник: В7 т. / под общ. ред. В.В. Клюева. Т.2 – М.: Машиностроение, 2003. – 688с.
2. Горкунов Б.М. Вихретоковый двухпараметровый контроль немагнитных цилиндрических изделий / Б.М. Горкунов, С.Г. Львов // Вестник НТУ «ХПИ». – 2004. – №7. – С. 35-41.
3. Справочник по специальным функциям с формулами, графиками и математическими таблицами / Под ред. М. Абрмовица и М. Стиган. – М.: Наука. – 1979. – 830 с.